

#2
Ladillon
5/11/01

J1046 U.S. PTO
09/808055



대한민국 특허청

KOREAN INDUSTRIAL PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Industrial
Property Office.

출원 번호 : 특허출원 2000년 제 72042 호
Application Number

출원 년 월 일 : 2000년 11월 30일
Date of Application

출원인 : 한국과학기술원
Applicant(s)

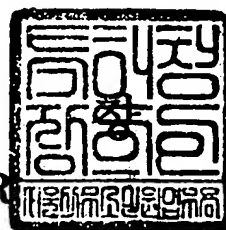
**CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT**



2001 02 28
년 월 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0001
【제출일자】	2000.11.30
【발명의 명칭】	독립 성분 분석을 이용한 능동 잡음 제거방법
【발명의 영문명칭】	METHOD FOR ACTIVE NOISE CANCELLATION USING INDEPENDENT COMPONENT ANALYSIS
【출원인】	
【명칭】	한국과학기술원
【출원인코드】	3-1998-098866-1
【대리인】	
【성명】	이종일
【대리인코드】	9-1998-000471-4
【포괄위임등록번호】	2000-039220-2
【대리인】	
【성명】	조희연
【대리인코드】	9-2000-000220-0
【포괄위임등록번호】	2000-039231-8
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이수영
【성명의 영문표기】	LEE, Soo Young
【주민등록번호】	521015-1023311
【우편번호】	305-701
【주소】	대전광역시 유성구 구성동 한국과학기술원 전자전산학과 및 뇌과학연 구센터
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	박형민
【성명의 영문표기】	PARK, Hyung Min
【주민등록번호】	750406-1559716
【우편번호】	305-701

【주소】 대전광역시 유성구 구성동 한국과학기술원 전자전산학과
 및 뇌과학연 구센터
【국적】 KR
【심사청구】 청구
【취지】 특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정
 에 의한 출원심사 를 청구합니다. 대리인
 이종일 (인) 대리인
 조희연 (인)
【수수료】
【기본출원료】 18 면 29,000 원
【가산출원료】 0 면 0 원
【우선권주장료】 0 건 0 원
【심사청구료】 7 항 333,000 원
【합계】 362,000 원
【감면사유】 정부출연연구기관
【감면후 수수료】 181,000 원

【요약서】**【요약】**

본 발명은 독립 성분 분석을 이용한 능동 잡음 제거방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 2차와 그 이상의 고차 통계적 특성을 고려할 수 있는 독립 성분 분석 기법을 적응 알고리즘에 적용하는 기술에 관한 것이다.

기존의 능동 잡음 제거기는 제거하고자 하는 잡음 성분과 잡음원 사이의 2차 통계적 특성만을 이용하는 LMS 방법을 적응 알고리즘에 주로 사용하였다.

이에, 본 발명은 기존의 능동 잡음 제거기와는 달리, 2차와 그 이상의 고차 통계적 특성을 고려하여 출력 신호들이 상호 독립이 되도록 학습함으로써 신호 분리를 할 수 있는 독립 성분 분석 기법을 능동 잡음 제거기에 적용토록 하는 독립 성분 분석을 이용한 능동 잡음 제거방법이 제시된다.

따라서, 본 발명에 의한 능동 잡음 제거기를 제공하면 2차와 그 이상의 고차 통계적 특성을 고려하여 기존의 LMS 학습 법칙을 사용하는 능동 잡음 제거기에 비하여 향상된 잡음 제거 성능을 얻을 수 있다.

【대표도】

도 3

【색인어】

능동잡음 제거기, 독립성분 분석, LMS, 적응 알고리즘, 학습법칙

【명세서】

【발명의 명칭】

독립 성분 분석을 이용한 능동 잡음 제거방법(METHOD FOR ACTIVE NOISE CANCELLATION USING INDEPENDENT COMPONENT ANALYSIS)

【도면의 간단한 설명】

도 1은 일반적인 능동 잡음 제거기의 구조를 나타낸 도면

도 2는 본 발명에 따른 되먹임 여파기의 구조를 나타낸 도면

도 3은 본 발명에 따른 능동 잡음 제거를 위한 되먹임 여파기 구조를 나타낸 도면

<도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

10 : 신호원

20 : 잡음원

30 : 1차입력

40 : 기준입력

50 : 적응 여파기

60 : 덧셈기

70 : 시스템 출력

W_{11} , W_{12} , W_{21} , W_{22} : 적응 여파기

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<10> 본 발명은 독립 성분 분석을 이용한 능동 잡음 제거방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는 2차와 그 이상의 고차 통계적 특성을 고려할 수 있는 독립 성분 분석을 적응 알고리즘에 적용하는 기술에 관한 것이다.

- <11> 도 1은 일반적인 능동 잡음 제거기의 구조를 나타낸 도면이다.
- <12> 도 1를 살펴 보면, 신호원(signal source)(10) s는 채널을 통해서 센서로 전송되고 이 센서에는 잡음원(noise source)(20) n_0 도 함께 입력되어 혼합된 신호와 잡음 $s+n_0$ 는 잡음 제거기에 1차 입력(primary input)(30)을 형성한다.
- <13> 2차 센서는 1차 센서와 다른 채널을 통해서 잡음 n_1 을 받게 되며, 이 센서는 잡음 제거기에 대한 기준 입력(reference input)(40)을 형성한다. 잡음 n_1 은 적응 여파기(filter)(50)를 거쳐서 n_0 에 가장 가까운 출력 z 로 변형되고 1차 입력 $s+n_0$ 는 이 출력 z 를 뺀셈기(60)를 통하여 차감하여 잡음 제거기의 시스템 출력(70) $u=s+n_0-z$ 을 형성하게 된다.
- <14> 상기와 같은 기존의 능동 잡음 제거기는 최소 제곱(least squares) 관점에서 신호 s 에 가장 가까운 출력 $u=s+n_0-z$ 를 얻어내는데 그 목적이 있다. 이 목적을 위해서 잡음 제거기의 전체 출력을 최소화하도록 최소평균제곱(Least Mean Square 이하; LMS) 적응 알고리즘을 이용하여 여파기를 적응시킨다. 즉, 능동 잡음 제거기에서 출력은 적응과정 동안 오차 신호로 작용한다.
- <15> 이러한 여파기의 계수 적응은 위드로우 호프(Widrow-Hoff) LMS 알고리즘에 따르며 아래의 수학적식과 같이 나타낼 수 있다.

<16> 【수학적식 1】

$$\Delta w(k) \propto u(t) n_1(t-k)$$

- <17> 이 때, 상기 $w(k)$ 는 k 번째 여파기 계수, t 는 표본치 번호를 나타낸다.

<18> 상기와 같이 기존의 능동 잡음 제거기는 제거하고자 하는 잡음 성분과 잡음원 사이의 2차 통계적 특성만을 이용하는 LMS 방법을 적응 알고리즘으로 사용하였다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<19> 이에, 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 본 발명의 목적은 기존의 LMS 적응 알고리즘에 비하여 향상된 잡음 제거 성능을 얻도록 하는 독립 성분 분석을 이용한 능동 잡음 제거방법을 제공하는 데 있다.

<20> 상기한 본 발명의 목적을 달성하기 위한 기술적 사상으로써 본 발명은

<21> 기존의 능동 잡음 제거기와는 달리, 2차와 그 이상의 고차 통계적 특성을 고려하여 출력 신호들이 상호 독립이 되도록 학습함으로써 신호 분리를 할 수 있는 독립 성분 분석 기법을 능동 잡음 제거기에 적용토록 하는 독립 성분 분석을 이용한 능동 잡음 제거 방법이 제시된다.

【발명의 구성 및 작용】

<22> 이하, 본 발명의 실시예에 대한 구성 및 그 작용을 첨부한 도면을 참조하면서 상세히 설명하기로 한다.

<23> 도 2는 본 발명에 따른 되먹임 여파기의 구조를 나타낸 도면이고, 도 3은 본 발명에 따른 능동 잡음 제거를 위한 되먹임 여파기 구조를 나타낸 도면이다.

<24> 독립 성분 분석은 미지의 채널을 통해서 섞인 음원들의 혼합 신호를 입력으로 받아 들여 상호 독립적인 음원 신호를 복원해 낼 수 있다. 미지의 확률적으로 독립인 N개의 음원 신호 $s(t)=[s_1(t), s_2(t), \dots, s_N(t)]^T$ 가 임의의 채널을 통해 혼합되고 이를 N개의 센서로 측정한다고 가정하자.

<25> 이 때, 채널을 단순 가중치 합으로 모델할 수 있다면, 센서로 측정한 신호 $x(t)=[x_1(t), x_2(t), \dots, x_N(t)]^T$ 는 다음과 같은 수학식으로 나타낼 수 있다.

<26> 【수학식 2】

$$x(t)=A \cdot s(t)$$

<27> 여기서, A는 미지의 가역 행렬로 혼합 행렬이라고 부른다.

<28> 따라서, 문제는 측정 가능한 센서 신호 $x(t)$ 만을 이용하여 혼합 행렬 A의 역 행렬을 찾음으로써 음원 신호를 복원하는 것이다.

<29> 그러나, 원래 음원 신호의 순서와 뒤바뀐 복원 신호를 얻거나, 음원 신호와 크기 차이가 나는 복원 신호를 얻는 것은 파형 자체에 영향을 주지 않기 때문에 음원 신호의 분리 측면에서 심각한 문제를 일으키지 않는다.

<30> 따라서, 이를 허용하는 분리 행렬 W를 추정하여 음원 신호와 순서와 크기가 다른 복원 신호 $u(t)$ 를 다음과 같은 수학식으로부터 얻는다.

<31> 【수학식 3】

$$u(t)=W \cdot x(t)$$

<32> 이 때, 분리 행렬 W를 추정하기 위해 음원들이 서로 독립이라는 가정을 설정한다. 이는 하나의 음원에서 나오는 신호가 다른 음원에서 나오는 신호에 영향을 주지 않는다는 것을 의미하는 것으로 실세계에서 충분히 개연성 있는 가정이라고 할 수 있으며, 이 통계적 독립성은 모든 차수의 통계적 특성을 포괄한다.

<33> 그리고, 통계적 독립성이 크기와 순서에 무관하기 때문에 수학식 3의 분리 행렬 W를 찾게 된다. 음원 신호간의 통계적 독립성이 최대가 되도록 하는 다음과 같은 학습 법

칙을 이용하여 분리 행렬을 학습한다.

<34> 【수학식 4】

$$\Delta W \propto [W^T]^{-1} - \varphi(u) x^T, \quad \varphi(u_i(t)) = -\frac{\frac{\partial P(u_i(t))}{\partial u_i(t)}}{P(u_i(t))}$$

<35> 여기서, $P(u_i(t))$ 는 추정하고자 하는 음원 신호 $u_i(t)$ 의 확률 분포 함수 (probability density function)를 근사하는 값을 나타낸다.

<36> 실세계에서는 단순 가중치 합으로 이루어진 혼합 신호를 좀처럼 찾기 힘들며, 전파에 따른 시간 지연과 주위 환경에 의해 나선(convolution)의 형태로 섞인 혼합 신호를 센서로 받아들인다. 이러한 나선형 혼합 신호는 다음과 같은 수학식으로 표현할 수 있다

<37> 【수학식 5】

$$x_i(t) = \sum_{j=1}^N \sum_{k=0}^{K-1} a_{ij}(k) s_j(t-k)$$

<38> 여기서, $x_i(t)$ 는 센서의 측정 신호를, $s_j(t)$ 는 N개의 음원 신호를 나타내고, $a_{ij}(k)$ 는 길이 K의 혼합 여파기 계수를 의미한다.

<39> 음원 신호를 분리하기 위해 도 2와 같은 되먹임(feedback) 여파기 구조를 사용할 수 있다. 이 때, 복원 신호 $u_i(t)$ 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

<40> 【수학식 6】

$$u_i(t) = \sum_{k=0}^K w_{ii}(k) x_i(t-k) + \sum_{j=1, j \neq i}^N \sum_{k=1}^K w_{ij}(k) u_j(t-k)$$

<41> 여기서, $w_{ij}(k)$ 는 원래의 음원 신호를 복원하기 위한 여파기 계수를 나타낸다.

<42> 이 구조에서 세 가지 다른 경우의 여파기 계수가 존재한다. 즉, 입력과 출력 사이의 시간 지연이 없는 계수 $w_{ii}(0)$ 와 시간 지연이 있는 계수 $w_{ii}(k)$, $k \neq 0$, 그리고 되먹임

교차 여파기의 계수 $w_{ij}(k)$, $i \neq j$ 가 그들이다. 각 경우에 대한 학습 법칙은 다음과 같다.

<43> 【수학식 7】

$$\begin{aligned}\Delta w_{ii}(0) &\propto 1/w_{ii}(0) - \phi(u_i(t))x_i(t), \\ \Delta w_{ii}(k) &\propto -\phi(u_i(t))x_i(t-k), \\ \Delta w_{ij}(k) &\propto -\phi(u_i(t))u_j(t-k), \quad \phi(u_i(t)) = -\frac{\frac{\partial P(u_i(t))}{\partial u_i(t)}}{P(u_i(t))}\end{aligned}$$

<44> 계수 $w_{ii}(0)$ 은 비선형 함수를 통해서 전달되는 정보량이 최대가 되도록 데이터의 크기를 조절하고, 그 외 시간 지연이 있는 계수 $w_{ii}(k)$, $k \neq 0$ 는 각 입력 신호를 시간적으로 백색화(whitening)하여 상응하는 출력 신호를 내보내며, 계수 $w_{ij}(k)$, $i \neq j$ 는 각 비선형 함수 출력 $\phi(u_i(t))$ 과 다른 복원 신호 $u_j(t)$ 간의 상관 관계를 없앤다.

<45> 도 2에서는 두 개의 입력과 출력으로 이루어진 되먹임 여파기 구조를 나타내고 있지만 이와 같은 되먹임 여파기 구조에서 입력과 출력의 개수를 증가시켜 임의의 개수의 입력과 출력을 가진 되먹임 여파기 구조를 구성할 수 있고, 이 임의의 개수의 입력과 출력을 가진 되먹임 여파기 구조에서 나선형 혼합 신호, 복원 신호, 여파기 계수 학습 법칙을 각각 나타내는 수학식 5, 수학식 6, 수학식 7과 동일한 수식을 사용할 수 있다.

<46> 나선형 혼합 신호에 대하여 복원된 음원 신호는 원래의 음원 신호가 시간적으로 백색화되어 나타나게 되는데, 입력과 출력 사이의 여파기를 $w_{ii}(0)$ 만을 두고 시간 지연이 있는 계수 $w_{ii}(k)$, $k \neq 0$ 를 0으로 고정함으로써 백색화 문제를 해결할 수 있다.

<47> 순수한 잡음을 관측할 수 있는 경우에 이러한 독립 성분 분석을 이용하여 신호에 섞여 있는 잡음 성분을 제거할 수 있다.

<48> 기본적인 능동 잡음 제거기를 나타내는 도 1에서 1차 입력을 형성하는 신호, 잡음

의 혼합 신호 $s+n_0$ 와 2차 센서에서 잡음 n_1 을 받을 때, 잡음 n_1 은 신호 s 와는 독립인 반면 잡음 n_0 와는 미지의 방식으로 관련되어 있다고 가정할 수 있다. 신호와 잡음은 각각 상대 음원에게 어떠한 영향도 미치지 않기 때문에 이러한 가정은 타당성을 갖는다.

<49> 독립 성분 분석을 이용하여 1차 입력의 잡음 의존 성분을 2차 입력을 사용하여 제거할 수 있다. 1차 입력은 신호, 잡음의 혼합 신호이고, 2차 입력은 신호 성분이 없는 잡음 성분이므로 독립 성분 분석을 위한 되먹임 여파기 구조를 수정할 수 있다.

<50> 다시 말해서, 도 2에서와 같이 1차와 2차 입력을 각각 x_1 와 x_2 라고 할 때, 2차 입력 x_2 는 그 자체로 신호 성분이 없는 잡음 성분이기 때문에 수학적 식 6에서 되먹임 여파기 $w_{21}(k)$ 가 필요하지 않다.

<51> 되먹임 여파기 $w_{21}(k)$ 를 사용하지 않은 2개의 입력과 출력을 갖는 되먹임 구조는 도 3과 같고, 다음과 같은 수학적 식으로 나타낼 수 있다.

<52> 【수학적 식 8】

$$\begin{aligned} u_1(t) &= \sum_{k=0}^K w_{11}(k)x_1(t-k) + \sum_{k=1}^K w_{12}(k)u_2(t-k), \\ u_2(t) &= \sum_{k=0}^K w_{22}(k)x_2(t-k) \end{aligned}$$

<53> 기본적인 능동 잡음 제거기를 나타내는 도 1과 도 3을 비교함으로써 1차 입력을 형성하는 신호, 잡음의 혼합 신호 $s+n_0$ 는 x_1 에, 2차 입력을 형성하는 잡음 n_1 은 x_2 에 상응함을 알 수 있다. 또, 출력 u 는 u_1 에 상응한다.

<54> 이 때, 입력과 출력 사이의 여파기를 $w_{ij}(0)$ 만을 두고 시간 지연이 있는 계수 $w_{ij}(k)$, $k \neq 0$ 를 0으로 고정하는 경우에, 되먹임 여파기 $w_{21}(k)$ 를 사용하지 않기 때문에 기존의 능동 잡음 제거기의 출력 u 에 상응하는 수학적 식 8의 출력 신호 u_1 은 두 입력 x_1 과 x_2 로 다음과 같이 표현할 수 있다.

<55> 【수학식 9】

$$u_1(t) = w_{11}(0)x_1(t) + w_{22}(0) \sum_{k=1}^K w_{12}(k)x_2(t-k)$$

<56> 상기 수학식 9의 둘째 항이 기존의 능동 잡음 제거기에서 2차 입력의 적응 여파기 출력 z 에 상응한다. 따라서, 능동 잡음 제거를 위한 독립 성분 분석의 되먹임 여파기 구조는 기존의 능동 잡음 제거기와 같은 구조로 사용될 수 있다.

<57> 능동 잡음 제거기로 사용하기 위한 각 여파기 계수의 학습 법칙은 독립 성분 분석을 이용하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

<58> 【수학식 10】

$$\begin{aligned} \Delta w_{ii}(0) &\propto 1/w_{ii}(0) - \varphi(u_i(t))x_i(t), \\ \Delta w_{ii}(k) &\propto -\varphi(u_i(t))x_i(t-k), \\ \Delta w_{ij}(k) &\propto -\varphi(u_i(t))u_j(t-k), \quad \varphi(u_i(t)) = -\frac{\frac{\partial P(u_i(t))}{\partial u_i(t)}}{P(u_i(t))} \end{aligned}$$

<59> 이 여파기 계수 학습을 통해서 얻은 능동 잡음 제거기의 출력은 잡음 성분과 독립인 원하는 신호 성분을 얻어내게 된다.

<60> 도 3에서도 도 2에서와 마찬가지로 두 개의 입력과 출력으로 이루어진 능동 잡음 제거를 위한 되먹임 여파기 구조를 임의의 개수의 입력과 출력을 가진 능동 잡음 제거를 위한 되먹임 여파기 구조로 확장할 수 있으며, 이 임의의 개수의 입력과 출력을 가진 능동 잡음 제거를 위한 되먹임 여파기 구조에서 복원 신호, 여파기 계수 학습 법칙을 각각 나타내는 수학식 8, 수학식 10과 동일한 방법으로 확장하여 수식을 사용할 수 있다.

【발명의 효과】

<61> 이상에서와 같이 본 발명에 의한 독립 성분 분석을 이용한 능동 잡음 제거방법에

따르면 2차와 그 이상의 고차 통계적 특성을 고려하여 기존의 LMS 학습 법칙을 사용하는 능동 잡음 제거기에 비하여 향상된 잡음 제거 성능을 얻을 수 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

1차 입력을 형성하는 신호와, 잡음의 혼합 신호와 기준 입력을 형성하는 잡음 신호가 각각 입력되는 능동 잡음 제거기에 있어서,

상기 1차 입력을 형성하는 신호 중에서 2차 입력을 형성하는 잡음 신호와 독립 성분을 출력단에서 얻어낼 수 있도록 독립 성분 분석을 이용하여 적응 여파기에 적응시키는 것을 특징으로 하는 독립 성분 분석을 이용한 능동 잡음 제거방법.

【청구항 2】

청구항 1에 있어서, 상기 능동 잡음 제거기의 입력단이나 출력단의 개수를 증가시켜 각종 신호, 잡음의 혼합 신호나 잡음을 다수 취득함으로써 능동 잡음에 해당하는 각종 신호의 제거 범위를 확장하는 것을 특징으로 하는 독립 성분 분석을 이용한 능동 잡음 제거방법.

【청구항 3】

되먹임 구조를 갖는 능동 잡음 제거기의 잡음 제거 방법에 있어서,

입력과 출력 사이의 시간 지연이 없는 계수 $w_{ij}(0)$ 은 비선형 함수를 통해서 전달되는 정보량이 최대가 되도록 데이터의 크기를 조절하는 단계와;

그 외의 시간 지연이 있는 계수 $w_{ij}(k)$, $k \neq 0$ 는 각 입력 신호를 시간적으로 백색화하여 그에 상응하는 출력 신호를 내보내는 단계와;

되먹임 교차 여파기 계수 $w_{ij}(k)$, $i \neq j$ 는 각 비선형 함수 출력

$$\varphi(u_i(t)) = -\frac{\frac{\partial P(u_i(t))}{\partial u_i(t)}}{P(u_i(t))}$$
 과 다른 복원 신호 $u_j(t)$ 간의 상관관계를 없애는 단계; 및

상기 단계들 중에서 임의로 선택되는 하나를 포함함으로써 능동 잡음을 제거하는
 것을 특징으로 하는 독립 성분 분석을 이용한 능동 잡음 제거방법.

상기 $P(u_i(t))$ 는 추정하고자 하는 음원 신호 $u_i(t)$ 의 확률 분포 함수를 근사하는
 값을 나타낸다.

【청구항 4】

청구항 3에 있어서, 상기 능동 잡음 제거기의 입력단이나 출력단의 개수를 증가시
 켜 각종 신호, 잡음의 혼합 신호나 잡음을 다수 취득함으로써 능동 잡음에 해당하는 각
 종 신호의 제거 범위를 확장하는 것을 특징으로 하는 독립 성분 분석을 이용한 능동 잡
 음 제거방법.

【청구항 5】

1차 입력을 형성하는 신호와, 잡음의 혼합 신호 x_1 과 2차 입력을 형성하는 잡음 신
 호 x_2 가 각각 입력되는 능동 잡음 제거기에 있어서,

각 적응 여파기 계수를 아래의 수학식에 준하여 학습시킴으로써 능동 잡음의 제어
 동작을 수행하는 것을 특징으로 하는 독립 성분 분석을 이용한 능동 잡음 제거방법.

【수학식 11】

$$\begin{aligned} \Delta w_{ii}(0) &\propto 1/w_{ii}(0) - \varphi(u_i(t))x_i(t), \\ \Delta w_{ii}(k) &\propto -\varphi(u_i(t))x_i(t-k), \\ \Delta w_{ij}(k) &\propto -\varphi(u_i(t))u_j(t-k), \quad \varphi(u_i(t)) = -\frac{\frac{\partial P(u_i(t))}{\partial u_i(t)}}{P(u_i(t))} \end{aligned}$$

상기 $w_{ii}(0)$ 은 입력과 출력 사이의 시간 지연이 없는 계수를, $w_{ij}(k)$, $k \neq 0$ 은 시간

지연이 있는 계수를, $w_{ij}(k)$, $i \neq j$ 는 되먹임 교차 여파기의 계수를 각각 나타내며, 각 계수 앞의 Δ 는 해당 계수의 변화량을 의미한다. 또, t 는 표본치 번호, $P(u_i(t))$ 는 추정하고자 하는 신호 $u_i(t)$ 의 확률 분포 함수를 근사하는 값을 나타낸다.

【청구항 6】

청구항 5에 있어서, 상기 $u_i(t)$ 는 다음과 같은 수학식으로 유도되는 것을 특징으로 하는 독립 성분 분석을 이용한 능동 잡음 제거방법.

【수학식 12】

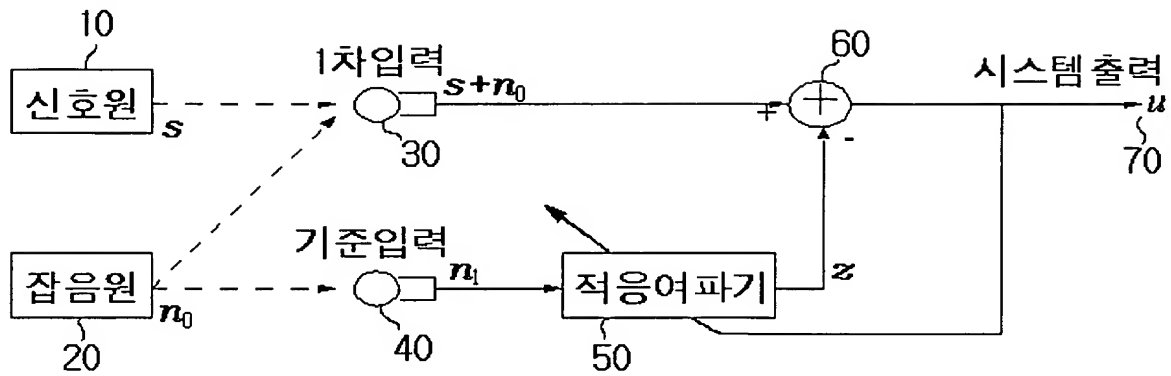
$$\begin{aligned} u_1(t) &= \sum_{k=0}^K w_{11}(k)x_1(t-k) + \sum_{k=1}^K w_{12}(k)u_2(t-k), \\ u_2(t) &= \sum_{k=0}^K w_{22}(k)x_2(t-k) \end{aligned}$$

【청구항 7】

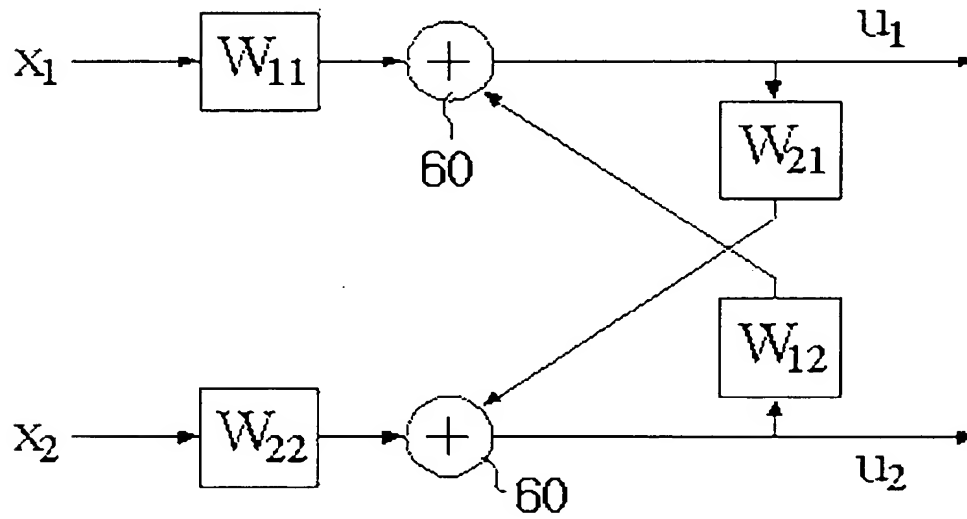
청구항 5에 있어서, 상기 능동 잡음 제거기의 입력단이나 출력단의 개수를 증가시켜 각종 신호, 잡음의 혼합 신호나 잡음을 다수 취득함으로써 능동 잡음에 해당하는 각종 신호의 제거 범위를 확장하는 것을 특징으로 하는 독립 성분 분석을 이용한 능동 잡음 제거방법.

【도면】

【도 1】



【도 2】



【도 3】

